

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

15.10.2004

21 JUN 2005

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年10月17日

出願番号
Application Number: 特願2003-357729

[ST. 10/C]: [JP2003-357729]

出願人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 02 DEC 2004

WIPO PCT

2004年11月19日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川

洋

【書類名】 特許願
【整理番号】 2040250001
【提出日】 平成15年10月17日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G06T 1/00
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 登 一生
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 佐藤 智
【特許出願人】
 【識別番号】 000005821
 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100097445
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 岩橋 文雄
【選任した代理人】
 【識別番号】 100103355
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 坂口 智康
【選任した代理人】
 【識別番号】 100109667
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 内藤 浩樹
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 011305
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9809938

【書類名】特許請求の範囲**【請求項 1】**

移動体に設置したカメラによって撮影された移動体周囲の画像を入力として移動体の動きを求める方法であり、

2 画像間の複数の対応点を算出して出力する対応点算出ステップと

複数の対応点を入力として、移動体の動きである移動体動き 1 を算出して出力する第 1 の動き算出ステップと、

複数の対応点と移動体動き 1 を入力として、移動体の動きである移動体動き 2 を算出して出力する第 2 の動き算出ステップとを含み、

第 1 の動き算出ステップは、入力された複数の対応点の一部は、あらかじめ与えられた平面の上に存在するものと仮定した式に基づいて移動体動き 1 を算出することを特徴とする移動体動き算出方法。

【請求項 2】

第 1 の動き算出ステップは、複数の対応点と、移動体動き 1 または移動体動き 2 を入力して、画像中に含まれる平面の式を算出して出力する平面式算出ステップを含み、

平面式算出手段で算出された平面の式を用いて、移動体動き 1 を算出することを特徴とする請求項 1 の移動体動き算出方法。

【請求項 3】

第 1 の動き算出ステップは、入力された複数の対応点の一部を選択した部分対応点を、複数組選択して出力する部分対応点選択ステップと、

部分対応点はあらかじめ与えられた平面の上に存在するものと仮定した式に基づいて、複数の部分対応点から複数の移動体動きを算出する動き候補算出ステップと、

複数の対応点と算出した複数の移動体動きを入力して、複数の移動体動きをあらかじめ定められた評価式によって評価し、最も適した移動体動きを 1 つ選択する動き評価選択ステップを含む、

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 の移動体動き算出方法。

【請求項 4】

第 1 の動き算出ステップは、複数の対応点と、移動体動き 1 または移動体動き 2 を入力して、対応点の信頼度を算出する信頼度算出ステップを含み、

動き評価選択ステップは、対応点の信頼度に応じて評価値が変わる評価式を用いることを特徴とする請求項 3 の移動体動き算出方法。

【請求項 5】

第 1 の動き算出ステップは、移動体動き 1 または移動体動き 2 を入力して、移動体の動きを予測値である予測移動体動きを算出して出力する移動体動き予測ステップを含み、

動き評価選択ステップは、移動体動き予測ステップで予測した予測移動体動きを加味して移動体動き 1 を算出する

ことを特徴とする請求項 3 の移動体動き算出方法。

【請求項 6】

第 2 の動き算出ステップは、移動体動き 1 と、移動体動き 1 を算出する際に用いられたあらかじめ与えられた平面、または平面式算出ステップで算出された平面を初期値とした、探索手法によって移動体動き 2 を算出する

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 の移動体動き算出方法。

【請求項 7】

第 2 の動き算出ステップは、あらかじめ与えられた平面、または平面式算出ステップで算出された平面のいずれかの平面を初期値として、カメラに近い車軸中心を中心として平面を傾けながら探索的に移動体動き 2 を算出する

ことを特徴とする請求項 6 の移動体動き算出方法。

【請求項 8】

移動体は車軸の方向が固定である非操舵輪を有し、第 1 および第 2 の動き算出ステップは、移動体動きの垂直軸中心の回転成分の中心が、非操舵輪の車軸の延長線上にあり、かつ

、平面上での並行移動成分は、前記回転中心の周りの円弧運動であると仮定した式に基づいて移動体動きを算出する
ことを特徴とする請求項1の移動体動き算出方法。

【請求項9】

移動体は車軸の方向が固定である非操舵輪を有し、第1および第2の動き算出ステップは、移動体動き算出の際の基準となる移動体座標系の座標軸の1つが、非操舵輪の車軸を垂直方向に平行移動した位置（またはその近傍）にあると仮定した式に基づいて、移動体動きを算出する

ことを特徴とする請求項1又は請求項8の移動体動き算出方法。

【請求項10】

移動体に設置したカメラによって撮影された移動体周囲の画像を入力として移動体の動きを求める装置であり、

カメラで撮影された一連の画像列を入力として、画像列のうちの時間的に連続した2画像間の複数の対応点を算出して出力する対応点算出手段と、複数の対応点を入力として、移動体の動きである移動体動き1を算出して出力する第1の動き算出手段と、複数の対応点と移動体動き1を入力として、移動体の別の動きである移動体動き2を算出して出力する第2の動き算出手段とを備え、

第1の動き算出手段は、入力される複数の対応点の一部は、あらかじめ与えられた平面の上に存在するものと仮定した式に基づいて移動体動き1を算出する
ことを特徴とする移動体動き算出装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】移動体動き算出方法および移動体動き算出装置

【技術分野】

【0001】

移動体の動きを算出する方法および装置に関し、特に移動体に設置されたカメラで撮影した画像を用いて、3次元空間での移動体の動きを算出する技術に関するものである。

【背景技術】

【0002】

車両や自走ロボットなどの移動体の動きを算出する主な方法として、車輪の回転や操舵輪の角度、加速度、角加速度などを検出するセンサを用いる方法、画像を用いる方法の2つがある。

【0003】

車輪の回転や操舵輪の角度を検出するセンサを用いる方法は、平坦で乾いた路面などの一定の環境下では精度が高く、検出不能となる場合も少ないため安定であるという利点がある。しかし、路面と車輪が滑る、路面または移動体が傾いている、といった環境下では、原理的に精度良く動きを算出することができないという欠点がある。加速度や角加速度を検出するセンサを用いる方法では、原理的には移動体や路面が傾いている場合でも、移動体の動きを算出可能である。しかし、重力加速度に対して回転による加速度の変動の比率が小さいことが多いため、路面または移動体が傾いている場合に、精度良く動きを算出するのが困難であるという欠点がある。

【0004】

画像を用いて移動体の動きを算出する方法は、路面や移動体が傾いている場合でも原理的には正しく算出することが可能であるという利点があるが、画像を処理する各過程で発生するはずれ値様の大きな誤差や、ガウス雑音様の誤差を低減することが困難であるという欠点がある。

【0005】

移動体に固定されたカメラで移動体の周辺を撮影した画像を用いて、カメラの動き、および移動体の動きを求める代表的な方法として、オプティカルフローを用いる方法が提案されている。オプティカルフローは、時間的に連続した2画像間の同一点を結ぶベクトルであり、オプティカルフローとカメラ動きの間には、ある拘束式成り立つ。したがって、オプティカルフローが特定の条件を満たす場合に、カメラの動きを算出することができる。

【0006】

上記したオプティカルフローを用いたカメラ動き算出方法として、例えば、“画像理解”金谷健一、森北出版、1990年、および特許文献1では、同一平面上の4点以上のオプティカルフローから、カメラの動きを算出する方法が提案されている。

【0007】

しかしながら、オプティカルフローを用いたカメラ動き算出方法では、画像からオプティカルフローを算出する際に発生する誤差を0にすることが困難である。さらに、オプティカルフローとカメラ動きの関係式の非線形性から、オプティカルフローの誤差が比較的小さくても、算出されるカメラ動きの誤差が大きくなる場合がある。特に、オプティカルフローとカメラ動きの関係式に含まれる未知パラメタ数が多いほど、カメラ動きの誤差が大きくなり易いことが知られている。

【0008】

上記したカメラ動き算出における誤差を低減する方法として、算出したカメラ動きにフィルタ処理をかける方法がある。例えば、特許文献2では、路面平面のオプティカルフローを選択して算出されたカメラ動きに対して、車両挙動やカメラ配置を反映したカルマンフィルタをかけることで、誤差の小さいカメラ動きを算出する方法が提案されている。

【0009】

カメラ動き算出における誤差を低減する別 の方法として、オプティカルフローの算出結

果には大きな誤差が含まれているものと仮定した上で、誤差の小さいデータを選択的に用いてカメラ動きを算出する方法がある。例えば、"Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography", M. A. Fischler, R. C. Bolles.. Comm. of the ACM, Vol 24, pp 381-395, 1981. では、全オプティカルフローのうちの少数のオプティカルフローを選択してカメラ動きを算出して評価する試行を複数回繰り返し、誤差の小さいカメラ動きを算出する方法が提案されている。

【0010】

カメラ動き算出における誤差を低減する別の方法として、カメラの動きを限定することで、未知パラメタを少なくして算出する方法がある。例えば、"A Robust Method for Computing Vehicle Ego-motion", G.P. Stein, O. Mano and A. Shashua, IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2000), Oct. 2000では、オプティカルフローとカメラ動きの関係式と本質的には同義である、連続した画像の同一平面上の小領域の画素値とカメラ動きの関係式を用い、カメラの動きを3パラメタに制約することで式の未知パラメタを少なくて、探索的な手法によってカメラの動きを算出する方法が提案されている。

【0011】

カメラ動き算出における誤差を低減する別の方法として、未知パラメタの一部を多段階の処理に分けて算出する方法がある。例えば、"Recovery of Ego-Motion Using Image Stabilization", M. Irani, B. Rousso and S. Peleg, ICVPR, pp454-460, March, 1994 では、オプティカルフローからカメラ動きを算出する際の未知パラメタのうち、回転と平行移動とを2段階に分けて算出することで、1回の処理で求める未知パラメタを少なくすることで、誤差の小さいカメラ動きを算出する方法が提案されている。

【特許文献1】国際公開第97/35161号パンフレット

【特許文献2】特開2001-266160号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

しかしながら、車輪の回転や操舵輪の角度、加速度、角加速度などをセンサを用いる方法は、前述したように、路面または移動体が傾いている環境下で誤差が大きくなるという課題を有していた。

【0013】

画像を用いて移動体の動きを算出する方法においては、フィルタ処理、誤差の小さいデータを選択的に用いる方法、未知パラメタ数を少なくして算出する方法、未知パラメタを多段階に算出する方法がある。

【0014】

フィルタ処理は、カメラ動きの算出結果に含まれる誤差の影響を低減する方法として有効であるが、本質的にカメラ動きの算出過程で発生する誤差を小さくするものではない。また車両が低速で走行する場合、路面の凹凸や段差などの予測困難な外乱の影響が大きくなるため、フィルタそのものの設計が困難であり、フィルタのパラメタが適当でない場合に誤差が大きくなるという課題がある。

【0015】

誤差の小さいデータを選択的に用いる手法であるRANSACは、はずれ値様の大きな誤差は発生しにくくなるが、少数のオプティカルフローを用いてカメラ動きを算出するために、ガウス雑音様の小さな誤差が発生するという課題を有していた。

【0016】

未知パラメタを少なくして算出する方法では、実際のカメラの動きが未知パラメタを少なくした関係式と近い場合は誤差が小さいが、実際のカメラの動きが未知パラメタを少なくした関係式から外れた場合に、誤差が大きくなるという課題を有していた。Steinらの方法では、カメラは特定の平面上しか移動しないと仮定しているために、路面やカメラが傾いた場合や、路面が平面でない場合に、誤差が大きくなる。

【0017】

未知パラメタを多段階に算出する方法は、各段階で適切な未知パラメタが選択されている場合に有効であるが、パラメタの選択が適当でない場合、各段での推定において、未知パラメタを少なくして算出する方法と同様に、誤差が大きくなるという課題を有していた。Iraniらの方法は、回転、平行移動の順に2段階で求めているため、平行移動の成分が大きい場合に、回転の成分を求めるのが困難である。

【0018】

本発明は上記した問題点に鑑み、その目的は、はずれ値様の大きな誤差とガウス雑音様の小さな誤差の両者を小さくする移動体の動きを算出する方法の提供であり、特に、路面や移動体が傾いた位置関係にある場合や、路面が平面でない場合であっても、誤差が小さい移動体動きの算出が可能な移動体動き算出方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0019】

上記課題を解決するために、請求項1の発明が講じた解決手段は以下の通りである。時間的に連続した2画像間の複数の対応点を算出して出力する対応点算出ステップと、複数の対応点を入力として、移動体の動きである移動体動き1を算出して出力する第1の動き算出ステップと、複数の対応点と移動体動き1を入力として、移動体の動きである移動体動き2を算出して出力する第2の動き算出ステップとを備え、第1の動き算出ステップは、入力される複数の対応点の一部は、あらかじめ与えられた平面の上に存在するものと仮定した式に基づいて移動体動き1を算出することを特徴とする。このため、第1の動き算出ステップで平面の式を仮定して算出することで、平面に対するおおまかな移動体動きを算出することができ、第2の動き算出ステップでは、平面も未知とすることで、平面が実際には傾いていた場合であっても、誤差が小さい移動体動きを算出することができる。

【発明の効果】

【0020】

以上説明したように、本発明の移動体動き算出方法および移動体動き算出装置は、2段階の動き算出ステップを含んだ構成によって、第1の動き算出ステップでは平面の位置を仮定した式を用いて移動体動きを算出した後に、第2の動き算出ステップでは平面の位置も可変として移動体の動きを算出することから、移動体と路面が傾いた状況であっても、移動体の動きを精度良く算出することができるという効果を有する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0022】

(実施の形態1)

本実施の形態は、例として、移動体は車両であり、車両の後方を撮影するように設置されたカメラと、車両後方の画像を入力として車両の動きを算出する移動体動き算出装置と、車両の動きと画像を入力として車両の動きの情報を重畠した合成画像を生成する画像合成装置と、合成画像を表示するディスプレイで構成されるものとする。

【0023】

図1は、本発明の実施の形態1における移動体動き算出装置の概略の構成図である。図1において、120は車両周辺を撮影して一連の画像列を出力するカメラであり、101はカメラ120から出力される一連の画像列を入力して、連続する2画像間のオプティカルフローベクトルである対応点を複数算出して出力する対応点算出手段である。102は複数の対応点を入力して、移動体動き1を算出して出力する第1の移動体動き算出手段である。103は複数の対応点と移動体動き1を入力して、移動体動き2を算出して出力する第2の移動体動き算出手段である。121はカメラ120で撮影された画像と、移動体動き2を入力して、移動体の動きに関する情報を画像に重畠した合成画像を生成して出力する画像合成装置であり、122は合成画像を表示するディスプレイである。100は、対応点算出手段101、第1の移動体動き算出手段102、第2の移動体動き算出手段1

03で構成される移動体動き算出装置である。第2の移動体動き算出手段103が出力する移動体動き2が移動体動き算出装置100の出力となる。

【0024】

図2は、本発明の実施の形態1における移動体動き算出装置のより詳細な構成図である。図2において、104は必要に応じて複数の対応点および移動体動き1を入力して、平面式を算出して出力する平面式算出手段である。105は必要に応じて複数の対応点と移動体動き1を入力して、対応点の信頼度を算出して出力する信頼度算出手段である。106は移動体動き1を入力して、移動体動きの予測値である予測移動体動きを算出して出力する移動体動き予測手段である。107は複数の対応点、平面式、対応点の信頼度を入力して、一部の対応点を選択した部分対応点を複数組出力する部分対応点選択手段である。108は複数組の部分対応点と平面式を入力して、移動体動きの候補を算出する動き候補算出手段である。109は複数の対応点、複数の移動体動き候補、対応点の信頼度、および必要に応じて移動体動き予測を入力として、移動体動き1を算出して出力する動き評価選択手段である。

【0025】

第1の動き算出手段102は、平面式算出手段104、信頼度算出手段105、移動体動き予測手段106、部分対応点選択手段107、動き候補算出手段108、動き評価選択手段109で構成される。上記以外の構成には、図1と同じである。

【0026】

図3は、本発明の実施の形態1におけるカメラ配置の図である。図3において、カメラ120は車両後方周辺を撮影するように設置されている。図1および図2の移動体動き算出装置100、画像合成装置121、ディスプレイ122は車両内に設置される。

【0027】

(実施の形態2)

【実施例】

【0028】

本発明のより具体的な実施の形態について、以下図1～6を用いてその動作を説明する。

【0029】

(実施例1)

本実施例1では、図3のカメラ配置および撮影状態において、車両が移動した際の動きを算出する場合の例を説明する。

【0030】

図4は、図3のカメラ配置および撮影状況において、車両が後方に移動した場合にカメラ120から出力される一連の画像列の例であり、図4(a)は時刻t-1に撮影された画像の例、図4(b)は時刻tに撮影された画像の例である。図4(c)は、時刻t-1と時刻tの2画像間の同一点の動きであるオプティカルフロー(図中の矢印)の例を示した図である。

【0031】

図5は、カメラの3次元的な動きと、図4のような画像上での動きとの関係を示した図である。図5(a)のカメラ座標系のある点(x, y, z)は静止しており、カメラが動きMで移動によって(x', y', z')に移動したとすると(数1)が成り立つ。また、点の画像座標が(u, v)から(u', v')に移動したものとすると(図5(b) (c))、(数2)が成り立つ。このとき、点(x, y, z)が(数3)の平面上にあり、かつカメラの動きM(tx, t, y, tz, wx, wy, wz)が十分に小さく(数4)が成り立つとき、点の画像座標(u, v)、(u', v')とカメラ動きMの間に(数5)の関係式が成り立つ。

【0032】

【数1】

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix}, \quad M = \begin{pmatrix} r_{00} & r_{01} & r_{02} & t_x \\ r_{10} & r_{11} & r_{12} & t_y \\ r_{20} & r_{21} & r_{22} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

【0033】

【数2】

$$u = f \frac{x}{z}, \quad v = f \frac{y}{z}$$

$$u' = f \frac{x'}{z'} = f \frac{r_{00}x + r_{01}y + r_{02}z + t_x}{r_{20}x + r_{21}y + r_{22}z + t_z}, \quad v' = f \frac{y'}{z'} = f \frac{r_{10}x + r_{11}y + r_{12}z + t_y}{r_{20}x + r_{21}y + r_{22}z + t_z}$$

【0034】

【数3】

$$ax + by + cz = 1$$

【0035】

【数4】

$$M = \begin{pmatrix} r_{00} & r_{01} & r_{02} & t_x \\ r_{10} & r_{11} & r_{12} & t_y \\ r_{20} & r_{21} & r_{22} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cong \begin{pmatrix} 1 & wz & -wy & t_x \\ -wz & 1 & wx & t_y \\ wy & -wx & 1 & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

【0036】

【数5】

$$u' = \frac{(1+at_x)u + (wz+bt_x)v + (-wy+ct_x)f}{\frac{1}{f}(wy+at_z)u + \frac{1}{f}(-wx+bt_z)v + (1+ct_z)}$$

$$v' = \frac{(-wz+at_y)u + (1+bt_y)v + (wx+ct_y)f}{\frac{1}{f}(wy+at_z)u + \frac{1}{f}(-wx+bt_z)v + (1+ct_z)}$$

【0037】

車両座標系 (Xc, Yc, Zc) およびカメラ座標系 (X, Y, Z) は図3のように配置されているものとし、車両座標系に対するカメラ座標系の位置は、あらかじめ計測されているものとする。また、(数2) および(数5) 中のカメラ120の焦点距離fも、あらかじめ計測されているものとし、その値は実座標系での焦点距離に、実座標と画像座標の変換係数を乗じたものである。カメラ120は車両に固定されているため、カメラの動きと移動体の動きは実空間中で同じであり、カメラ座標系におけるカメラ動きと、移動体座標系における移動体動きを表すパラメタは、カメラ座標系と車両座標系間との変換式によって一意に変換可能である。以降の説明では、説明を簡単にするため移動体動きの代わりにカメラ動きを求める方法について説明する。

【0038】

以下、時刻 t-1 から時刻 t の間のカメラ動きを算出する場合の例を説明する。

【0039】

対応点算出手段101は、カメラ120からの一連の画像列を入力して一時的に保存し、画像列のうちの連続した2画像間の対応点を算出する。ここでは、時刻t-1の画像図4(a)と、時刻tの画像図4(b)が入力された場合に、時刻t-1の画像上のn点の座標(ui, vi) (i=1..n)に対応する、時刻tの画像上の座標(ui', vi') (i=1..n)を算出して出力する。n点の対応点の情報をPi(ui, vi, ui', vi') (i=1..n)と表し、対応点の数nは、あらかじめ定められた値であるものとする。

【0040】

上記した2画像間の対応する点を検出する、いわゆる対応点探索方法は、“Detection and Tracking of Point Features”, Carlo Tomasi and Takeo Kanade, Carnegie Mellon University Technical Report, CMU-CS-91-132, April 1991. などで、一般に広く知られた方法であるので、詳細な説明を省略する。

【0041】

第1の動き算出手段102は、時刻t-1と時刻tの画像上のn点の対応点Pi(ui, vi, ui', vi') (i=1..n)を入力して、移動体動き1を算出して出力する。

【0042】

以下、第1の動き算出手段102を構成する各処理手段の動作について説明する。

【0043】

平面式算出手段104は、必要に応じてn点の対応点Piおよび移動体動き1を入力して、(数3)の平面式のパラメタ(a, b, c)を算出して出力する。本実施例1においては、あらかじめ定められた一定の平面式(a, b, c)を出力するものとする。ここであらかじめ定められた平面式とは、好ましくは路面が水平かつ平坦である場合のカメラ座標系における路面平面の式であり、あらかじめ計測するなどの手段によって求めておく。

【0044】

信頼度算出手段105は、必要に応じてn点の対応点と移動体動き1を入力して、対応点の信頼度Rを算出して出力する。信頼度Rは、好ましくは対応点算出手段101で算出されるn点の対応点のうち、正しく算出された対応点の比率を表すものである。本実施例1においては、あらかじめ定められた一定の値を出力するものとする。ここであらかじめ定められた信頼度とは、好ましくは図3と同様な走行状態において発生する対応点のうち、誤差がある一定の閾値以下である対応点の比率であり、あらかじめ計測するなどの手段によって求めておくものとする。

【0045】

移動体動き予測手段106は、必要に応じて移動体動き1を入力して、移動体動きの予測値である予測移動体動きを算出して出力する移動体動き予測手段である。本実施例1においては、何も処理を行わないものとする。

【0046】

部分対応点選択手段107は、n点の対応点、平面式S、対応点の信頼度Rを入力して、m点の対応点で構成される部分対応点をq組選択して出力する。部分対応点を構成する対応点の数mは、動き候補算出手段108において、移動体の動きを算出するに必要な対応点の数であり、本実施例1においては、部分対応点を構成する対応点の数は3(m=3)とする。部分対応点選択手段107は、まず最初に、対応点の信頼度Rを入力して、1つの対応点が正しい対応点である確率をRと仮定した場合に、部分対応点の組数qと3対応点が全て正しくなる確率とを掛けあわせた期待値が、あらかじめ定められた値以上になる組の数qを算出する。次に、平面式Sを入力して、あらかじめ与えられたカメラ画像の座標のうち平面Sに相当する画像座標の範囲を算出する。最後に、n点の対応点のうち、平面Sに相当する画像座標の範囲内に存在する対応点の中から、ランダムに異なる3対応点からなる部分対応点をq組選択して出力する。

【0047】

動き候補算出手段108は、q組の部分対応点と平面式Sを入力して、q個の移動体動き候補を算出して出力する。

【0048】

画像中の対応点(u, v, u', v')とカメラの動き $M(tx, ty, tz, wx, wy, wz)$ は、対応点が平面式 $S(a, b, c)$ 上にあり、かつカメラの動きが小さいと仮定した場合、(数5)の関係式が成り立つ。(数5)において、対応点と平面式が既知、カメラの動き M を未知とすると、3点以上の対応点によってカメラの動き M を算出することができる。そこで、本実施例1では、動き候補算出手段108は、3対応点からなる部分対応点をq組と平面式 S を入力し、(数5)の関係式を用いてq個のカメラの動き M_j ($j=1..q$)を算出し、q個の移動体動き候補として出力する。

【0049】

動き評価選択手段109は、n点の対応点、移動体動き候補であるq個のカメラ動き M_j ($j=1..q$)、対応点の信頼度 R 、および必要に応じて移動体動き予測を入力として、q個のカメラ動きを評価して1つを選択し、移動体動き1として出力する。本実施例1では、q個のカメラ動きを評価して1つを選択するための方法として、まず最初に、カメラ動き M_j とn点の対応点 P_i の動きの一致する度合いを評価する。具体的には、カメラの動き M_j と対応点の(ui, vi, ui', vi')を(数6)に代入することで、対応点の3次元座標(xi, yi, zi)を算出する。ここで(数6)は未知数3に対して独立した一次式が4つあることと、画像から算出した対応点 P_i (ui, vi, ui', vi')は誤差を含むと考えられることから、最小二乗法を用いて(xi, yi, zi)を算出する。さらに算出した(xi, yi, zi)とカメラの動き M_j を(数6)に再び代入して、新たに対応点(uij, vij, uij', vij')を算出する。ここで、画像から算出した対応点(ui, vi, ui', vi')、およびカメラ動き M_j が誤差の無い正確な値であれば、(ui, vi, ui', vi')と(uij, vij, uij', vij')は一致するが、実際には誤差があるため一致しない。そこで(ui, vi, ui', vi')と(uij, vij, uij', vij')の誤差距離平均 E_{ji} (数6)を算出する。 E_{ji} の値は、カメラ動き M_j が対応点 P_i と一致する場合0となり、一致しない場合は値が大きくなるという性質をもつことから、 E_{ji} を対応点の評価値として用いる。

【0050】

【数6】

$$u = f \frac{x}{z}, \quad v = f \frac{y}{z}$$

$$u' = f \frac{x + w_z y - w_y z + t_x}{w_y x - w_x y + z + t_z}, \quad v' = f \frac{-w_z x + y + w_x z + t_y}{w_y x - w_x y + z + t_z}$$

【0051】

【数7】

$$E_{ji} = \frac{\sqrt{(ui - uij)^2 + (vi - vij)^2} + \sqrt{(ui' - uij')^2 + (vi' - vij')^2}}{2}$$

【0052】

次に、カメラ動き M_j に対するn個の評価値 E_{ji} のうち、評価の良い方、すなわち値の小さいほうからn×R番目の評価値を選択し、この値をカメラ動き M_j の評価値 E_j とする。ここで信頼度 R が、正しい対応点の比率であると仮定すると、n×Rは正しい対応点の数となり、n×R番目の評価値は、正しく算出された対応点のうちで評価が悪い対応点の評価値となる。最後に、q個のカメラ動き M_j に対応する評価値 E_j のうち、最も評価の良い値、すなわち最も評価値の小さい E_j となるカメラ動き M_1 を選択して、第1の動き算出手段の出力である移動体動き1として出力する。

【0053】

上記したように、第1の動き算出手段102は、平面式算出手段104、信頼度算出手段105、移動体動き予測手段106、部分対応点選択手段107、動き候補算出手段108、動き評価選択手段109の各処理手段の動作により、時刻 $t-1$ と時刻 t の画像上のn点の対応点 P_i (ui, vi, ui', vi')($i=1..n$)を入力して、移動体動き1を算出して出力

する。

【0054】

第2の移動体動き算出手段103は、n点の対応点と移動体動き1を入力して、移動体動き2を算出して出力する。

【0055】

本実施例1においては、移動体動き2を算出する方法は、移動体動き1を初期値とした探索的手法によるものであるとする。具体的には、まず最初に、移動体動き1に相当するカメラ動きを入力して、M1(tx, ty, tz, wx, wy, wz)を初期値として、それぞれあらかじめ定められら微小動きの値を増減したカメラ動きM1k(tx±dtx, ty±dty, tz±dtz, wx±dwx, wy±dwy, wz±dwz) (i=1..o)を算出する。次に、カメラ動きM1kに対して、動き評価選択手段109と同様に、n点の対応点に対する評価値を算出した上でn×R番目の評価値をそのカメラ動きの評価値とし、最も良い評価値となるカメラ動きを選択する。さらに上記の処理をあらかじめ定められた回数だけ繰り返して得られたカメラ動きを、移動体動き2に相当する情報として出力する。

【0056】

画像合成装置121は、カメラ120で撮影された画像と、移動体動き2を入力して、移動体の動きに関する情報を画像に重畠した合成画像を生成して出力する。本実施例1では、図6のように、車両の移動体動き2に対応する予測軌跡を算出して、カメラ120で撮影された時刻tの画像に重量した合成画像を生成し、出力するものとする。

【0057】

ディスプレイ122は画像合成装置121で生成された合成画像を表示する。

【0058】

上記したように、移動体動き算出装置100は、対応点算出手段101、第1の移動体動き算出手段102、第2の移動体動き算出手段103の各動作により、時刻t-1から時刻tの間の移動体の動きを算出することができ、さらに、処理を順次繰り返すことで、連続して移動体の動きを算出する。

【0059】

以上のように本実施例1によれば、画像間の対応点を入力として移動体の動き1を算出する第1の動き算出手段102と、対応点と移動体動き1を入力として別の移動体の動き2を算出する第2の動き算出手段103とを含み、第1の動き算出手段102では、対応点が存在する平面式を仮定することで未知パラメタを減らすことができることから、大きな誤差の少ない移動体動き1を算出することができ、さらに、第2の動き算出手段103では、移動体動き1を初期値とした探索的手法によって移動体動き2を算出することで、誤差の小さい移動体動き2の算出が可能であるという効果がある。

【0060】

(実施例2)

本実施例2では、平面式算出手段104は、n点の対応点Piおよび移動体動き1を入力して、平面式のパラメタ(a, b, c)を算出更新して出力する。

【0061】

平面式算出手段104は、時刻t=1においては、あらかじめ定められた初期平面式(a0, b0, c0)を出力するものとする。次に、時刻t=2においては、時刻t=0とt=1間の移動体動き1と初期平面式(a0, b0, c0)を用いて、初期平面式に対して移動体動き1だけ移動体が動いたものとして、新たな平面式(a1, b1, c1)を算出して出力する。以降、上記した処理を順次繰り返すことにより、平面式を更新算出して出力する。上記した点以外は、実施例2における他の処理手段の構成およびその動作は、実施例1と同じである。

【0062】

以上のように本実施例2によれば、直前に算出した移動体動きと平面式から、新たに平面式を算出して第1の移動体動きの算出に用いることで、ある時刻tでの移動体動きの算出の際に、より正確な平面の位置に基づいたより正確な動きを算出できるという効果がある。

【0063】

(実施例3)

本実施例3では、信頼度算出手段105は、n点の対応点と移動体動き1を入力して、対応点の信頼度Rを算出して出力する。信頼度Rは、好ましくは対応点算出手段101で算出されるn点の対応点のうち、正しく算出された対応点の比率を表すものである。

【0064】

本実施例3において、信頼度算出手段105は、時刻t=1においては、あらかじめ定められた初期信頼度R0を出力するものとする。さらに、第1の動き算出手段において移動体動き1を算出した後、移動体動き1とn点の対応点に対して、第1の動き算出手段で行った(数6)および(数7)を用いた評価と同等の評価を行う。このときn個の対応点のうち評価値Eiがある一定の閾値以下である比率を算出し、新たな信頼度R1として保管しておく。次に時刻t=2において、直前フレームの信頼度R1を出力した後、上記した処理を順次繰り返すことにより、信頼度を更新算出して出力する。上記した点以外は、実施例3における他の処理手段の構成およびその動作は、実施例1と同じである。

【0065】

以上のように本実施例3によれば、算出した対応点と移動体動きから、新たに信頼度を算出して第1の移動体動きの算出に用いることで、ある時刻tでの移動体動きの算出の際に、より正確な信頼度に基づいたより正確な動きを算出できるという効果がある。

【0066】

(実施例4)

本実施例4では、移動体動き予測手段106は移動体動き1を入力して、移動体動きの予測値である予測移動体動きを算出して出力する。また、動き評価選択手段109は、移動体動き予測手段106で予測した予測移動体動きを加味して移動体動き1を算出する。

【0067】

本実施例4において、移動体動き予測手段106は、移動体動きはほぼ等速直線運動であると仮定して予測を行うものとする。したがって、時刻t-1に算出された移動体動き1を保存しておき、時刻tの予測移動体動きMrtとして出力する物とする。動き評価選択手段109は、動き候補算出手段から入力したq個のカメラ動きMj(j=1..q)とともに、予測移動体動きMrtもあわせて、(数6) (数7)の式で評価を行い、最も評価値の良い移動体動きを選択して移動体動き1として出力する。

【0068】

以上のように本実施例4によれば、移動体動き予測手段106で算出した予測移動体動きを、動き評価選択手段109での評価選択に加えることで、より正確な移動体動き1を算出できるという効果がある。特に、実施例1で示した方法においては、部分対応点選択手段107で選択される部分対応点の数を無限にすることはできないため、移動体動き予測手段106において、ある確率で正しい対応点が求まらない場合が発生する。これに対して本実施例4では、移動体の振る舞いから予測される予測移動体動きを算出して、これを加味して評価することから、部分対応点選択手段107で選択される部分対応点に、正しい対応点の組が存在しなかった場合でも、ある程度近い移動体動きが算出される可能性があるという効果がある。

【0069】

なお、本発明の実施例1において、平面式算出手段104、信頼度算出手段105および移動体動き予測手段106は、それぞれ第1の動き算出手段102で算出された移動体動き1を入力として処理を行なうものとしたが、第2の動き算出手段103で算出された移動体動き2、または両方を入力するものとしても良く、本発明の実施例と同様の効果がある。

【0070】

なお、本発明の実施例1において、動き評価選択手段109は、カメラ動きMjに対するn個の対応点の評価値Ejiから、1つの評価値Ejを算出する手法として、評価値Ejiのうちのすなわち値の小さいほうからn×R番目の評価値を選択するものとしたが、Ejの選択方法

を限定するものではなく、n対応点に含まれる比率(1-R)の誤った対応点の影響が低くなるような評価値であれば、どのような方法であっても良い。また、信頼Rの値に応じて評価の式を変えてよく、例えばRがあらかじめ与えられた閾値より大きいとき、すなわちある一定以上の比率で正解が含まれている場合は、評価値Ejiの小さいほうからn×R番目の評価値を選択した値をEjとし、逆にRがあらかじめ与えられた閾値より大きいときは、評価値Ejiの小さいほうからn×R番目までの評価値の平均値をEjとする、としても良い。このとき、信頼度Rが比較的高い場合は、ある1点を評価値として採用することで、n×R番目近辺の微小な値の差異が、他の多くの評価値で平均化されないという効果があると同時に、信頼度Rが比較的小さい場合は、複数点の評価値の平均値をとることで、ノイズの影響が影響しにくくなる、という効果がある。

【0071】

なお、本発明の実施例1において、第2の動き予測手段は103は、移動体の動き1M1(tx, ty, tz, wx, wy, wz)を初期値として、それぞれあらかじめ定められら微小動きの値を増減したカメラ動きM1k(tx±dtx, ty±dty, tz±dtz, wx±dwx, wy±dwy, wz±dwz) (i=1..o)を算出して評価を繰り返す、探索的手法であるとしたが、この方法に限定するものではない。例えば、第1の動き算出手段102は、移動体の動き1M1(tx, ty, tz, wx, wy, wz)の代わりに、M1の算出元となった部分対応点と平面の式を出力するものとする。さらに、第2の動き算出手段103は、複数の対応点と部分対応点、平面の式を入力として、平面のパラメタ(a, b, c)を初期値として、それぞれあらかじめ定められら微小動きの値を増減したカメラ動きM1k(a±da, b±db, c±dc) (i=1..o)を算出して評価を繰り返す、としても良く、探索空間を狭くするために、処理が軽くなるというメリットがある。

【0072】

なお、本発明の実施例4において、移動体動き予測手段106は、移動体動きはほぼ等速直線運動であると仮定して予測を行うものとしたが、移動体の動き限定するものではなく、移動体の動きをある時点以前の動きから推測するものであれば、どのような動きであっても良い。

【0073】

なお、本発明の実施例1において、移動体の動き、および車両座標系には特に制約がないものとしたが、移動体の前輪が操舵輪、後輪が車軸が車体に固定された非操舵輪である車両である場合、非操舵輪の車軸の延長線上に、水平面上での回転成分の中心が存在する、いわゆるアッカーマンモデルによる軌跡を描く。このとき、図3のように車軸座標系のx軸が車軸と平行になり、原点が左右輪の中心位置におくと、車両の動き(tx, tz, wy)の間に拘束式が成り立つ。したがって、このような拘束条件をおくことで、未知パラメタを減らすことができて、より安定に解を求めることができるという効果がある。

【0074】

なお、本発明の実施の形態1において、カメラは車両の後方に設置されているとしたが、移動体の種類やカメラの設置位置を限定するものではなく、移動体であればどのような形態であっても良いし、移動体の周辺が撮影されるように設置されていればカメラの設置位置はどの位置にあっても良い。

【0075】

なお、本発明の実施の形態1において、カメラは車両の後方に設置されているとしたが、移動体の種類やカメラの設置位置を限定するものではなく、移動体であればどのような形態であっても良いし、移動体の周辺が撮影されるように設置されていればカメラの設置位置はどの位置にあっても良い。

【0076】

なお、本発明の実施の形態1において、移動体動き算出装置は、画像合成装置とディスプレイに接続されるものとしたが、移動体動き算出装置およびその出力する移動体動きの用途を限定するものではなく、移動体動きを入力とする装置であればどのような装置と組み合わせても構わない。

【0077】

なお、本発明の実施の形態1では、個別の処理手段および装置は個別のハードウェアによって実現されるものとしたが、図7のような画像の入出力手段を備えたコンピュータを用いて、各処理手段はコンピュータ（CPU1004, ROM1005, RAM1006）で実行されるソフトウェアによって実現するものとしても良く、本発明の実施の形態1と同様の効果を得ることができる。

【産業上の利用可能性】

【0078】

本発明は、移動体に設置されたカメラで撮影した画像を用いて、移動体の動きを算出する方法および装置に関するものである。好ましくは、車両や自走ロボットなどに適用し、その走行制御や、操作者に対する進路や位置の提示などを目的とした、移動体の動きを算出する方法として利用することが可能であるが、本発明はそのような用途に限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【0079】

【図1】本発明の実施の形態1における移動体動き算出装置の概略構成図

【図2】本発明の実施の形態1における移動体動き算出装置の構成図

【図3】本発明の実施の形態1におけるカメラ配置の図

【図4】本発明の実施例1におけるカメラ画像およびオペティカルフローの例の図

【図5】本発明の実施例1におけるカメラ動きと画像動きの例の図

【図6】本発明の実施例1における画像合成装置の生成する画像の例を示す図

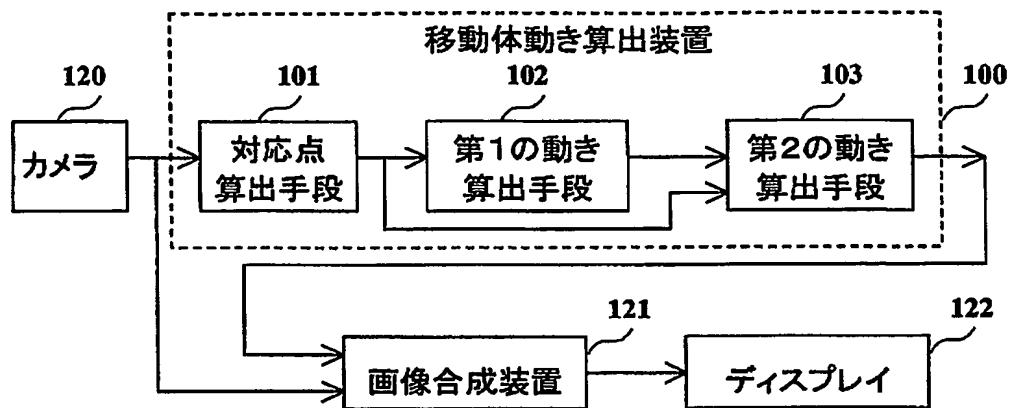
【図7】本発明の実施例における移動体動き算出装置をコンピュータで構成した場合の構成図

【符号の説明】

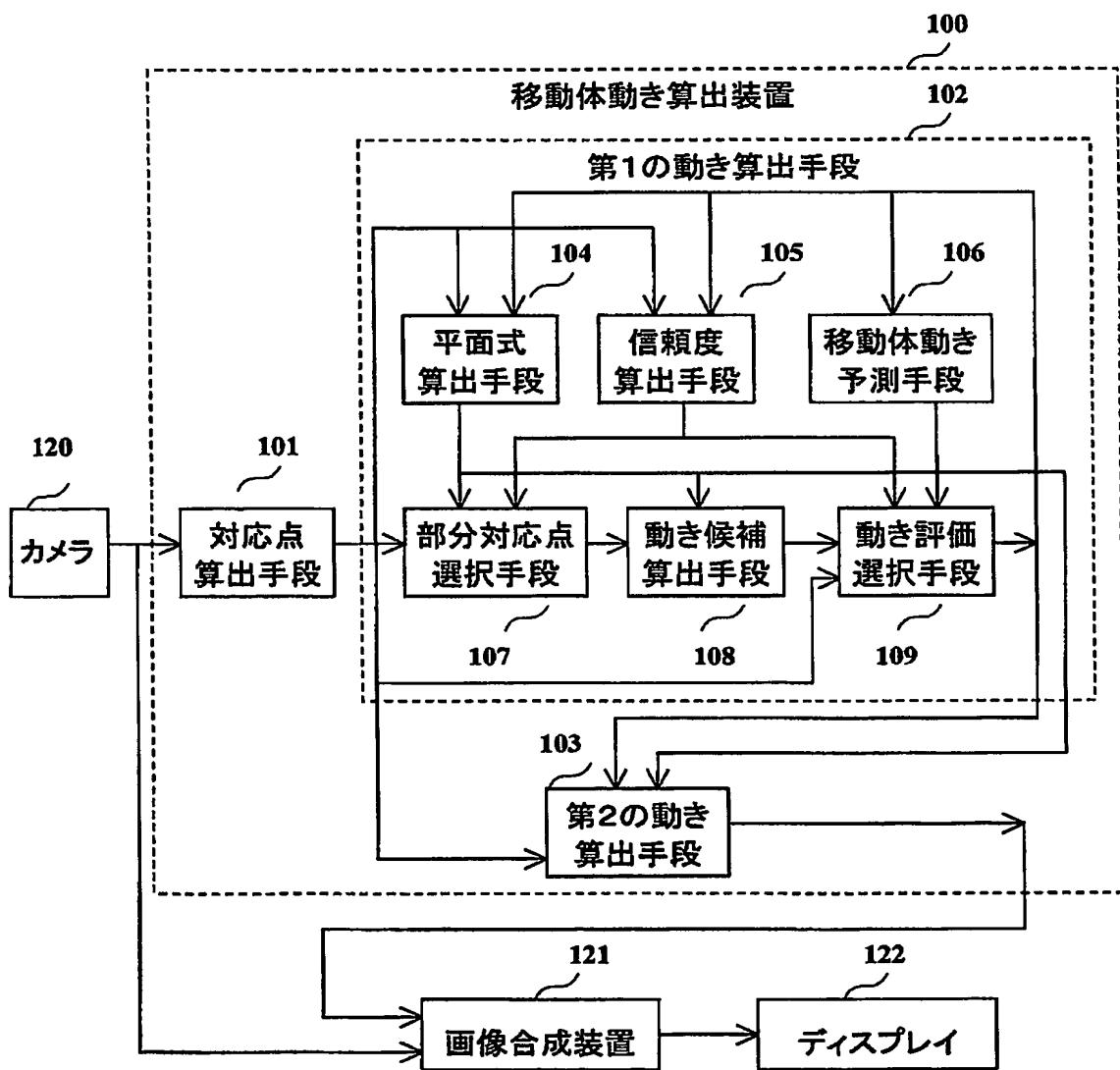
【0080】

100	移動体動き検出装置
101	対応点算出手段
102	第1の動き算出手段
103	第2の動き算出手段
104	平面式算出手段
105	信頼度算出手段
106	移動体動き予測手段
107	部分対応点選択手段
108	動き候補算出手段
109	動き評価選択手段
120	カメラ
121	画像合成装置
122	ディスプレイ

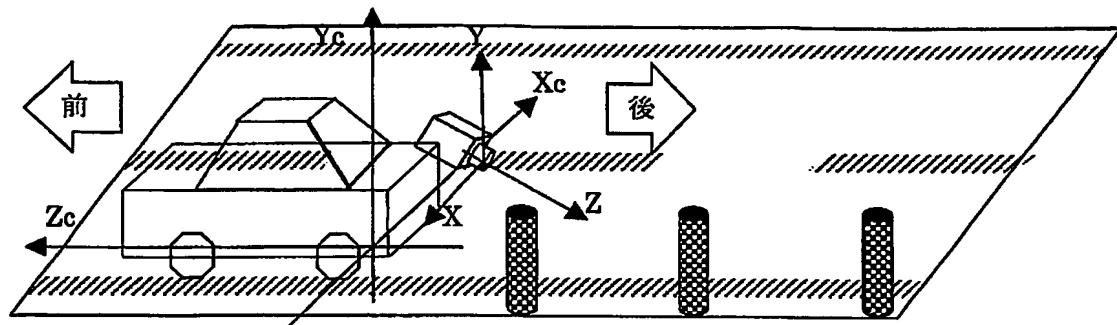
【書類名】 図面
【図 1】



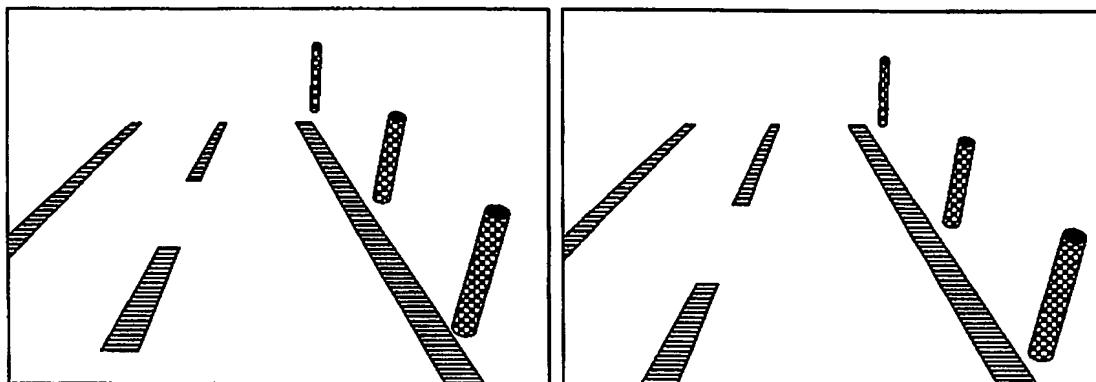
【図 2】



【図3】

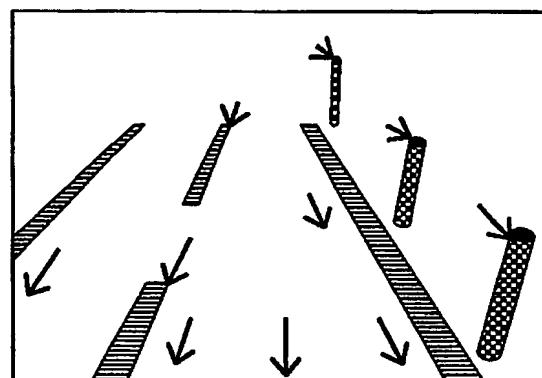


【図4】

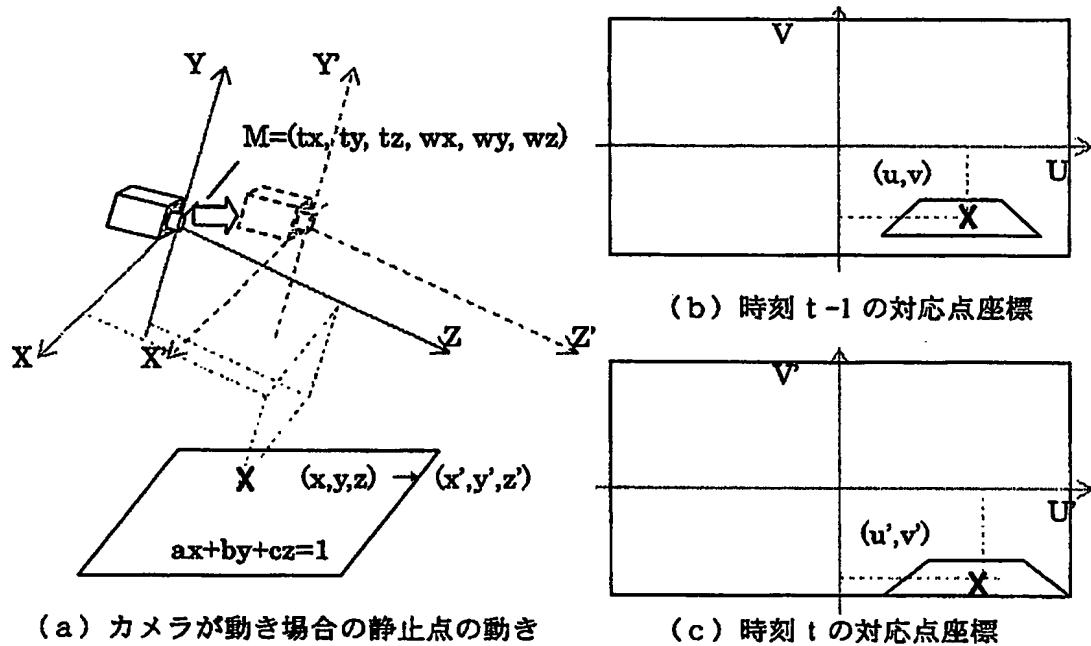


(a) 画像の例 (時刻 t-1)

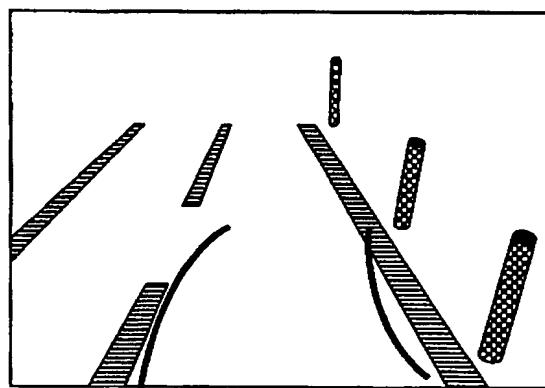
(b) 画像の例 (時刻 t)

(c) オプティカルフローの概念図 ($t-1 \rightarrow t$)

【図5】

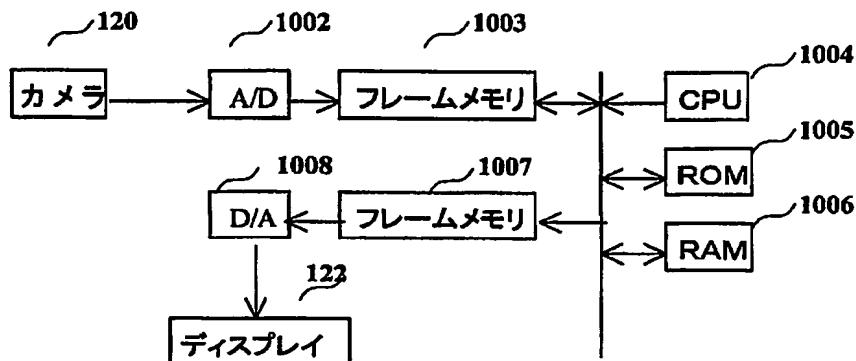


【図6】



画像合成装置の生成する画像の例

【図7】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】移動体に設置されたカメラで撮影された画像から移動体の動きを算出する場合、移動体や路面が傾いている場合に誤差が大きくなるという課題を有していた。

【解決手段】画像間の対応点を算出して出力するステップ101と、対応点を入力として移動体の動き1を算出する第1の動き算出ステップ102と、対応点と移動体動き1を入力として別の移動体の動き2を算出する第2の動き算出ステップ103とを含む移動体動き算出装置。

第1の動き算出ステップでは、平面式を仮定することで大きな誤差のない動きを算出した後、第2の動き算出ステップで平面も可変としてより誤差の小さい動きを算出することができるという効果を有する。

【選択図】図1

特願 2003-357729

出願人履歴情報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住所 大阪府門真市大字門真1006番地
氏名 松下電器産業株式会社